



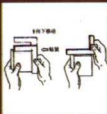
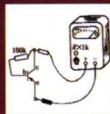
一技之长  
丛书

# 电工



# 操作技能

DIANGONG CAOZUO JINENG



乔德宝 编

福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



# 电工 操作技能

DIANGONG CAOZUO JINENG

乔德宝 编

福建科学技术出版社  
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电工操作技能/乔德宝编. —福州: 福建科学技术出版社, 2009. 6 (2010. 1 重印)

(一技之长丛书/程周主编)

ISBN 978-7-5335-3370-0

I. 电… II. 乔… III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 078567 号

- |      |                                    |
|------|------------------------------------|
| 书 名  | 电工操作技能<br>一技之长丛书                   |
| 编 者  | 乔德宝                                |
| 出版发行 | 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001) |
| 网 址  | www. fjstp. com                    |
| 经 销  | 各地新华书店                             |
| 排 版  | 福建科学技术出版社排版室                       |
| 印 刷  | 福州华悦印务有限公司                         |
| 开 本  | 889 毫米×1194 毫米 1/32                |
| 印 张  | 6                                  |
| 字 数  | 146 千字                             |
| 版 次  | 2009 年 6 月第 1 版                    |
| 印 次  | 2010 年 1 月第 3 次印刷                  |
| 书 号  | ISBN 978-7-5335-3370-0             |
| 定 价  | 10.00 元                            |

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

## 前 言

本书是根据中华人民共和国社会和劳动保障部制定的《国家职业标准（电工）》编写的，可作为参加国家职业技能鉴定人员的学习用书，也可作为全国职业学校电类各专业及其他相关专业的实践教学指导用书。

在学习本书过程中，要注意在内容上把握好“宏观了解、注重应用”的原则，注重从宏观上了解初级电工所涉及的原理、作用、功能、型号、安装及维护方法。书中涉及的基础理论知识，以“了解”其层次为主体，以能够解决职业技能鉴定中应会部分的考核为目标，不宜也没有必要对“专”、“深”的专业理论进行研究。应将应用性放在首要位置，通过本书的学习，掌握初级电工工种应会部分的技能，特别是操作性的知识和技能，应做到“明白道理，安装有序，排除故障，心中有底”。

读者在自学过程中，要勤于思考，学会运用知识，理解所学知识在实际操作和维护中的应用；重视操作的训练，在实际操作过程中学习，在应用中巩固概念，掌握分析问题的方法；在学习过程中养成发现问题、提出问题、讨论问题的习惯。

本书由乔德宝主编，乔德宝、程周等编写。由于编者学识和水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请同行和广大读者批评指正。

编 者

## 目 录

第一章 电工基础知识	(1)
一、直流电路及基本运算	(1)
(一) 直流电路基本概念	(1)
(二) 电路的基本定律	(4)
二、交流电路及基本计算	(7)
(一) 交流电路的概念	(7)
(二) 三相交流电的概念	(8)
三、二极管与三极管	(8)
(一) 二极管	(8)
(二) 三极管	(10)
(三) 二极管、三极管型号与参数	(11)
四、二极管整流电路	(14)
(一) 单相半波整流电路	(14)
(二) 单相桥式整流电路	(15)
五、电气图	(15)
(一) 电气图的分类	(15)
(二) 电气制图的一般规则	(18)
(三) 常用电气图的表示形式	(19)
第二章 常用电工仪表与电工材料	(22)
一、常用电工仪表分类与选用	(22)
(一) 电工测量仪表的分类	(22)
(二) 电工测量仪表的选择	(23)
(三) 电工测量仪表的使用	(24)

二、常用电工仪表 .....	(25)
(一) 三相有功、无功功率表 .....	(25)
(二) 电度表 .....	(27)
(三) 频率表、功率因数表和相序表 .....	(31)
(四) 兆欧表与钳形交流电流表 .....	(34)
(五) 接地电阻测量仪 .....	(37)
(六) 万用表 .....	(39)
(七) 直流单、双臂电桥 .....	(45)
(八) 示波器 .....	(48)
三、常用电工材料 .....	(53)
(一) 导电材料 .....	(53)
(二) 绝缘材料 .....	(55)
(三) 磁性材料 .....	(58)
(四) 电碳制品 .....	(59)
(五) 铜铝导线 .....	(59)
<b>第三章 变压器 .....</b>	<b>(61)</b>
一、变压器的种类 .....	(61)
(一) 电力变压器 .....	(61)
(二) 实验用变压器 .....	(61)
(三) 特殊用途变压器 .....	(62)
二、电力变压器 .....	(62)
(一) 电力变压器的基本结构 .....	(62)
(二) 电力变压器的工作原理 .....	(64)
三、电压互感器 .....	(65)
(一) 电压互感器的结构原理与接线 .....	(65)
(二) 电压互感器的安装 .....	(67)
(三) 电压互感器的故障判断与处理 .....	(69)
四、电流互感器 .....	(69)

(一) 电流互感器的结构原理与接线 .....	(69)
(二) 电流互感器的安装 .....	(72)
(三) 电流互感器的故障判断与处理 .....	(72)
<b>第四章 交流异步电动机 .....</b>	<b>(74)</b>
一、交流异步电动机的分类与工作原理 .....	(74)
(一) 交流异步电动机的分类 .....	(74)
(二) 交流异步电动机的工作原理 .....	(75)
二、交流异步电动机的额定值及其保护 .....	(77)
(一) 交流异步电动机的额定值 .....	(77)
(二) 交流异步电动机的保护 .....	(78)
三、交流异步电动机的起动、制动和调速 .....	(79)
(一) 笼型转子异步电动机的起动 .....	(79)
(二) 线绕转子异步电动机的起动 .....	(81)
(三) 交流异步电动机的制动 .....	(82)
(四) 交流异步电动机的调速 .....	(83)
四、异步电动机 Y- $\Delta$ 控制线路 .....	(84)
(一) Y- $\Delta$ 起动电路工作原理 .....	(85)
(二) 电路安装 .....	(86)
(三) 故障判断与处理 .....	(87)
<b>第五章 电工基本操作技能 .....</b>	<b>(89)</b>
一、常用电工工具使用技能 .....	(89)
(一) 验电笔 .....	(89)
(二) 螺钉旋具 .....	(90)
(三) 电工钳 .....	(90)
(四) 尖嘴钳 .....	(90)
(五) 剥线钳 .....	(90)
(六) 断线钳 .....	(90)

(七) 电工刀 .....	(91)
(八) 扳手 .....	(91)
(九) 电烙铁 .....	(91)
(十) 喷灯 .....	(91)
(十一) 高压绝缘棒 .....	(92)
二、常用安装和登高工具使用技能 .....	(93)
(一) 叉杆和架杆 .....	(93)
(二) 弯管器 .....	(93)
(三) 紧线器 .....	(93)
(四) 管子切削刀 .....	(94)
(五) 射钉枪 .....	(94)
(六) 压接钳 .....	(94)
(七) 脚扣 .....	(95)
(八) 登板 .....	(95)
(九) 电工梯 .....	(96)
(十) 手持电动工具 .....	(96)
(十一) 移动式电气设备 .....	(97)
三、常用防护用具使用技能 .....	(97)
(一) 绝缘手套 .....	(97)
(二) 绝缘靴 .....	(98)
(三) 绝缘垫 .....	(98)
(四) 绝缘隔板 .....	(98)
(五) 安全带和安全腰绳 .....	(98)
(六) 高压验电器 .....	(99)
(七) 携带型接地线 .....	(99)
四、导线的连接 .....	(100)
(一) 直线连接 .....	(100)
(二) 压力连接 .....	(101)
(三) 焊接连接 .....	(101)



五、基本钳工操作	(102)
(一) 钳工常用量具的使用	(102)
(二) 平面划线	(105)
(三) 锯割与锉削	(106)
(四) 整削	(111)
(五) 钻孔	(112)
(六) 扩孔与镗孔	(114)
(七) 攻丝	(115)
(八) 套丝	(116)
六、基本焊工操作	(117)
(一) 焊接材料的选用	(117)
(二) 管件、管座的焊接	(119)
七、晶体管测试及其简单电路的安装调试	(122)
(一) 晶体二极管极性判断测试方法	(122)
(二) 晶体三极管的色标与极性判断	(124)
(三) 晶体三极管性能判断	(126)
(四) 晶体管电路的安装调试	(128)
<b>第六章 电力线路施工及变配电所操作</b>	<b>(130)</b>
一、室内线路	(130)
(一) 室内布线施工技术要求	(130)
(二) 导线明敷(明布线)施工技术要求	(131)
(三) 导线穿管明敷施工技术要求	(131)
(四) 导线穿管暗敷施工技术要求	(132)
二、架空线路	(133)
(一) 架空线路的安装	(133)
(二) 架空线路的施工	(138)
(三) 架空线路的常见故障	(144)
三、高、低压接户线	(146)

(一) 接户线的安装·····	(146)
(二) 导线的分类与选择·····	(148)
四、电缆及敷设施工·····	(151)
(一) 电力电缆·····	(151)
(二) 电力电缆敷设方式·····	(152)
(三) 电缆中间头和终端头的制作·····	(153)
(四) 电缆线路的维修·····	(156)
五、变、配电所的安全运行操作·····	(157)
(一) 停电、送电和倒闸的安全操作·····	(157)
(二) 根据监测仪表故障判断·····	(159)
(三) 变电所故障的判断·····	(160)
<b>第七章 防雷与接地·····</b>	<b>(162)</b>
一、避雷器的结构原理及预防性试验·····	(162)
(一) 避雷器的结构原理·····	(162)
(二) 避雷器试验项目及标准·····	(164)
二、电气系统的防雷与接地·····	(167)
(一) 雷电的预防·····	(167)
(二) 电气系统接地的类型·····	(167)
(三) 接地体与接地电阻·····	(169)
附录 常用电气图形符号与电工仪表表盘符号标志·····	(172)
·····	(172)
参考资料·····	(180)

# 第一章 电工基础知识

## 一、直流电路及基本运算

### (一) 直流电路基本概念

#### 1. 直流电

直流电是指大小和方向都不随时间变化的电动势、电流和电压，直流电流通常称作为稳恒电流。常用的直流电源有干电池、蓄电池、直流发电机或交流电经过整流以后的直流电源。

#### 2. 电路

为电流通过而提供的路径称为电路。直流电流通过的路径称为直流电路（交流电流通过的路径称为交流电路）。图 1-1 所示直流电路由电源（ $E$ ）、负载（ $R_L$ ）、电源与负载之间的连接导线和控制开关（ $S$ ）等组成。通常把电源内部的一段电路称为内电路，内电路以外的电路称为外电路。

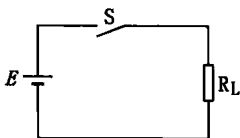


图 1-1 简单的直流电路

#### 3. 电流

导体内部的自由电子在电场力的作用下，向同一个方向移动，形成电流。人们习惯把正电荷移动的方向作为电流的方向。电流用字母  $I$  表示，定义为单位时间通过导体截面积的电量，即  $I=Q/t$ 。其中， $Q$  表示电量，单位是库仑（C）； $t$  表示时间，单位是秒（s）。电流的单位是安培（A），简称安，常用的单位还有千安（kA）、毫安（mA）、微安（ $\mu\text{A}$ ）。 $1\text{kA}=10^3\text{A}$ ， $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}$ 。

#### 4. 电压

电荷在外电路定向移动，是因为受到了电场力的作用。电场力将单位正电荷从电路的 A 点移到 B 点所做功的大小用 A、B 两点之间的电压  $U_{AB}$  来衡量， $U_{AB} = W_{AB}/Q$ 。其中， $W_{AB}$  表示电场力把电量为  $Q$  的正电荷从 A 点移到 B 点所做的功，单位是焦耳 (J)。在外电路，各元件两端电压的方向与电流的方向相同，即从高电位端指向低电位端。电压的单位是伏特 (V)，简称伏，常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)。1kV =  $10^3$  V，1V =  $10^3$  mV。

#### 5. 电位

在电路中任取一点作为参考点，则电路中其余各点相对于参考点之间的电压称为该点的电位，用  $V$  表示，单位是伏特 (V)。

在电子电路中都有一个公共点，通常把这个点作为参考点，并规定为零电位。高于零电位的电位则为正，低于零电位的电位则为负。在一个电路系统中只允许有一个参考点。电路中任意两点之间的电压就等于该两点之间的电位差，表示为： $U_{AB} = V_A - V_B$ 。若  $U_{AB}$  为正，表明 A 点的电位高于 B 点的电位；若  $U_{AB}$  为负，则表明 A 点的电位低于 B 点的电位。

#### 6. 电动势

电荷在内电路（电源内部）定向移动，是因为受到了非电场力的作用。非电场力将单位正电荷从电源负极经内电路（电源内部）移到正极所做的功，用电源电动势  $E$  表示， $E = \frac{W}{Q}$ 。式中， $W$  是非电场力移动电量  $Q$  所做的功。电动势是一个有方向的物理量，它由电源负极指向正极，其大小通常可以用电压表来测量。

#### 7. 导体的电阻

电流在导体中流动时，电荷之间会相互碰撞和摩擦，受到阻碍。衡量这种阻碍作用大小的物理量称作为电阻，用  $R$  表示。

导体的电阻是导体自身固有的，其大小可表示为  $R = \rho \frac{l}{S}$ 。其中， $\rho$  表示导体的电阻率，称为导体的电阻系数，单位是欧姆·米 ( $\Omega \cdot m$ )； $l$  表示导体的长度，单位是米 (m)； $S$  表示导体的截面积，单位是平方米 ( $m^2$ )。

电阻的单位是欧姆 ( $\Omega$ )，简称欧，常用单位还有兆欧 ( $M\Omega$ )、千欧 ( $k\Omega$ )。 $1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$ 。电路中的电阻通常又称作电阻元件，其阻值可用万用表或欧姆表进行测量。常见电阻元件外形及符号见图 1-2。

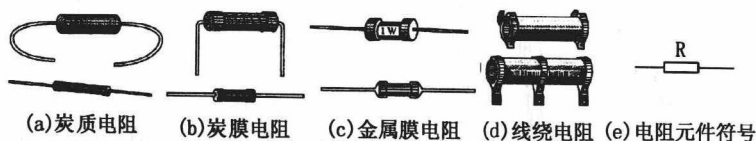


图 1-2 电阻元件外形及符号

## 8. 电感

当流过线圈的电流发生变化，线圈中会产生磁场。电感就是表示一个通以变化电流线圈与周围磁场性能相互关系的物理量。电感通常又分为自感和互感，自感用  $L$  表示，互感用  $M$  表示，单位都是亨利 (H)，常用的单位还有毫亨 (mH)， $1H = 10^3 mH$ 。电路中的电感元件外形及符号见图 1-3。

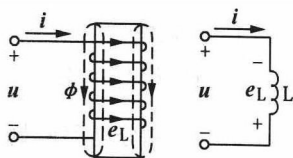


图 1-3 电感元件外形及符号

## 9. 电容

两平行导体之间填以绝缘材料就构成了电容器，电容器储存电荷的能力用电容表示。电容的大小可表示为  $C = Q/U$ 。其中， $U$  是两平行导体间 (或称两平行极板间) 的电压， $Q$  是在电压  $U$  作用下，两极板分别所带的电量。电容的单位是法拉 (F)，常用的单位还有微法 ( $\mu F$ )、皮法 (pF)。 $1F = 10^6 \mu F = 10^{12} pF$ 。常

用的固定电容器元件外形及符号见图 1-4，常用的可变电容器元件外形及符号见图 1-5。

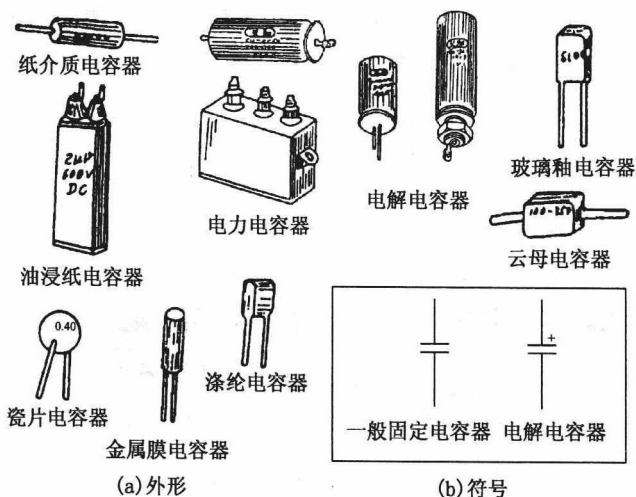


图 1-4 常用的固定电容器元件外形及符号

## (二) 电路的基本定律

### 1. 欧姆定律

欧姆定律是用来表示电阻、电流和电压三者之间的关系。在图 1-6 中，部分电路欧姆定律是  $I = \frac{U+E}{R_1+R_2}$ ；全电路欧姆定律是

$$I = \frac{E}{R+r}。$$

### 2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是分析复杂电路的基本定律（或有效的分析工具），不仅适用于直流电路，也适用于交流电路。该定律包括基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

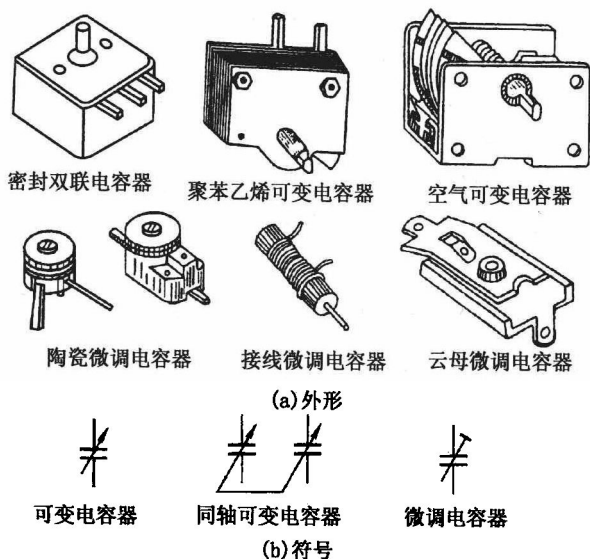


图 1-5 常用的可变电容器元件外形及符号

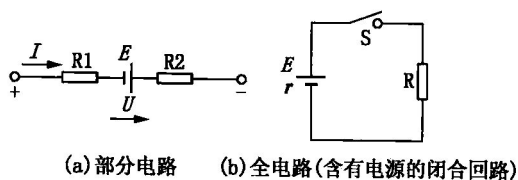


图 1-6 电路

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL): 在任一时刻, 流入电路中任一结点的电流之和等于流出该结点的电流之和。用公式表示为  $\Sigma I_{\text{入}} = \Sigma I_{\text{出}}$ 。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL): 在任一时刻, 电路中沿任一闭合回路, 在规定了沿回路绕行方向的情况下, 所有电动势的代数和等于各电阻上电压降的代数和。用公式表示为  $\Sigma E = \Sigma IR$ 。

电动势  $E$  的方向与绕行方向一致的取正号，反之取负号； $I$  的方向与绕行方向一致的， $IR$  为正，反之为负。正、负号的确定非常重要。

### 3. 串、并联电路

(1) 串联电路。图 1-7 (a) 是三个电阻的串联电路，其特点是：

① 总电压等于各电阻上电压之和，即  $U=U_1+U_2+U_3=IR_1+IR_2+IR_3$ ；

② 总电阻值等于各电阻值之和，即  $R=R_1+R_2+R_3$ ；

③ 具有分压作用。各电阻上的电压大小与其阻值大小成正比，即  $U_1=\frac{R_1}{R}U$ 、 $U_2=\frac{R_2}{R}U$ 、 $U_3=\frac{R_3}{R}U$ 。

(2) 并联电路。图 1-7 (b) 是三个电阻的并联电路，其特点是：

① 总电流等于各支路电流之和，即  $I=I_1+I_2+I_3=\frac{U}{R_1}+\frac{U}{R_2}+\frac{U}{R_3}$ ；

② 总电阻值的倒数等于各支路电阻值倒数之和，即

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}；$$

③ 具有分流作用。流过各支路电阻的电流与其阻值成反比，即  $I_1=\frac{R}{R_1}I$ 、 $I_2=\frac{R}{R_2}I$ 、 $I_3=\frac{R}{R_3}I$ 。

### 4. 电路中各点电位的计算

电路中各点电位值是相对于参考电位而言的，在确定了参考电位点的情况下，其他各点的电位值就是各点相对于参考点之间的电压。除了用仪表测量电路中某点电位，还可以运用基尔霍夫定律计算电路中各点电位。

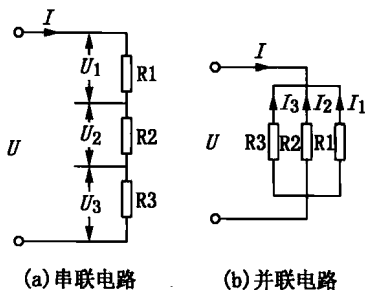


图 1-7 电阻的串、并联电路



## 二、交流电路及基本计算

### (一) 交流电路的概念

#### 1. 交流电

交流电是指电动势、电流、电压的大小和方向都随着时间按一定的规律作周期性变化。根据变化规律的不同，交流电通常又分为正弦交流电和非正弦交流电两种。现在电力系统广泛应用的是随时间按正弦曲线规律变化的正弦交流电，其电动势、电流、电压可表示成：电动势  $e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$ ，电流  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$ ，电压  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$ 。其图像见图 1-8。

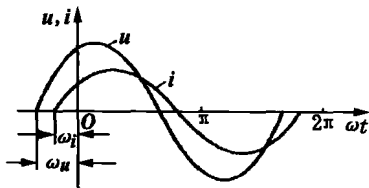


图 1-8 按正弦曲线规律变化的正弦交流电

#### 2. 正弦交流电“三要素”

确定正弦交流电有三个重要的量，它们是：正弦交流电的最大值，分别用  $E_m$ 、 $I_m$ 、 $U_m$  表示；正弦交流电的初相位，用  $\varphi$  表示；正弦交流电的角频率（或频率），用  $\omega$ （或  $f$ ）表示，如图 1-8 中的标注。

正弦交流电变化一周（或完成一次循环）所用的时间，称为周期，用  $T$  表示，单位是秒（s）。周期  $T$  与角频率  $\omega$ 、频率  $f$  之间的关系是： $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$ 。 $\omega$  的单位是弧度/秒（rad/s）， $f$  的单位是赫兹（Hz）。我国工频是 50Hz，那么周期就是 0.02s。正弦交流电表达式中的  $(\omega t + \varphi)$  称作相位，在  $\varphi$  确定的